

文章编号: 1674-8085(2019)01-0029-05

Zn²⁺对果蝇生育力和寿命及抗氧化能力的影响

叶文斌^{1,2,3}, *罗 辉⁴, 何玉鹏^{1,2}, 尤旦娃¹, 文晓晓¹, 赵 丽¹, 杨 滢¹

(1. 陇南师范高等专科学校农林技术学院, 甘肃, 成县 742500; 2. 陇南特色农业生物资源研究开发中心, 甘肃, 成县 742500;

3. 甘肃省农业固体废弃物资源化利用重点实验室, 甘肃, 天水 741000; 4. 井冈山大学医学部, 江西, 吉安 343009)

摘 要: 为了研究 Zn²⁺对果蝇生育力和寿命及抗氧化能力的影响。以黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 为研究对象, 用生存实验来考查不同浓度的 Zn²⁺处理果蝇, 研究果蝇 F₁-F₄ 代生育力和寿命的变化, 雌、雄果蝇数量的变化, 抗氧化酶 SOD、CAT 的活力及 MDA 含量的变化。结果显示: 添加 Zn²⁺浓度为 1.0 g/mL 可以使 F₁-F₄ 代雌、雄果蝇世代生育力增强, 寿命延长, 而在 Zn²⁺浓度为 2.0×10⁻³g/mL 时果蝇体内 MDA 含量大量积累, SOD 和 CAT 活性急剧降低, 使果蝇提前衰老、死亡并且降低或丧失生殖能力, 而 Zn²⁺对果蝇性别分化影响不大, 总体接近于 1:1。因此, 适当浓度的 Zn²⁺可以延长果蝇寿命, 增强其生殖力, 提高抗氧化能力。

关键词: Zn²⁺; 黑腹果蝇; 生育力; 寿命; 抗氧化能力

中图分类号: Q355/R135.1

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2019.01.007

EFFECTS OF Zn²⁺ ON THE REPRODUCTIVE CAPACITY, LIFE AND ANTIOXIDANT ABILITY OF *DROSOPHILA MELANOGASTER*

YE Wen-bin^{1,2,3}, *LUO Hui⁴, HE Yu-peng¹, YOU Dan-wa¹, WEN Xiao-xiao¹, ZHAO Li¹, YNAG Yan¹

(1. School of Agriculture and Forestry Technology, Longnan Teachers College, Chenxian, Gansu 742500, China;

2. Research & Development Center of Longnan Special agro-bioresources, Chenxian, Gansu 742500, China;

3. Gansu Key Laboratory for Utilization of Agricultural Solid Waste Resources, Tianshui, Gansu 741000, China;

4. Faculty of Medicine, Jinggangshan University, Ji'an, Jiangxi 343009, China)

Abstract: The effects of Zn²⁺ on the reproductive capacity, life and antioxidation of *Drosophila melanogaster* were studied in this paper. *D. melanogaster* was treated with Zn²⁺ of different concentrations in survival experiments, and the changes in reproductive capacity and life of its F₁ to F₄, the changes in the number of female and male, the activities of antioxidant enzymes SOD, CAT and MDA content were studied. The results showed that adding 1.0 g/mL Zn²⁺ could enhance the reproductive capacity and prolong the life of F₁-F₄ female and male. When the concentration of Zn²⁺ was 2 × 10⁻³ g/mL, the content of MDA in the fruit flies was accumulated, and the activity of SOD and CAT decreased rapidly. The fruit flies was senescent, dead and reduced or lost. Zn²⁺ had little effect on the sex differentiation of fruit flies, which was almost 1:1. It could be concluded that Zn²⁺ at appropriate concentrations can prolong the life of fruit flies, enhance its fecundity, and improve its antioxidation.

Key words: Zn²⁺; *Drosophila melanogaster*; reproductive capacity; life; antioxidation

收稿日期: 2018-09-11; 修改日期: 2018-11-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31460488); 陇南市科技计划项目(2016-09); 甘肃省委组织部陇原青年创新人才扶持计划项目(2015-13); 甘肃省高等学校科研项目(2017A-257)

作者简介: 叶文斌(1982-), 男, 甘肃西和人, 讲师, 硕士, 主要从事遗传毒理、天然产物化学与功能食品研究(E-mail: yewenbinbest@sohu.com);

*罗 辉(1971-), 男, 江西吉安人, 副教授, 硕士, 主要从事分子生物学及生物化学的研究(E-mail: luohui9898@163.com);

何玉鹏(1989-), 男, 甘肃天水人, 讲师, 硕士, 主要从事遗传毒理与动物功能饲料研究(E-mail: yiyanghappy@163.com);

尤旦娃(1997-), 女, 甘肃漳县人, 陇南师范高等专科学校农林技术学院生物学教育专业 2016 级专科生(E-mail: 3120166426@qq.com);

文晓晓(1997-), 女, 甘肃徽县人, 陇南师范高等专科学校农林技术学院生物学教育专业 2016 级专科生(E-mail: 735039139@qq.com);

赵 丽(1999-), 女, 甘肃陇南人, 陇南师范高等专科学校农林技术学院生物学教育专业 2016 级专科生(E-mail: 2899048205@qq.com);

杨 滢(1995-), 女, 甘肃康县人, 陇南师范高等专科学校农林技术学院生物学教育专业 2015 级专科生(E-mail: 1607540970qq.com).

锌是重要的抗氧化剂,可以维持生物充足的金属硫蛋白水平,阻断铜和铁诱导的脂质过氧化反应过程,保护巯基和其他化学基团的稳定性^[1],尤其是铜锌超氧化物歧化酶是消除超氧基的关键酶,缺锌时超氧化物歧化酶活性降低,发生氧对生物膜的过氧化损伤,导致生物体衰老^[2-3]。锌是生物体必需的微量元素,具有多种生物功能,动物体内的乳酸脱氢酶、DNA聚合酶、RNA聚合酶等多种酶活性均与锌有关,而这些酶在机体的核酸代谢、蛋白质代谢等过程中扮演着非常重要的角色^[1],而且动物缺锌会改变酶的活性,引起代谢异常,影响动物生长、导致众多疾病的发生^[4-5]。毛雪等(2012)研究表明,锌还能改变睾丸的生精速度,参与精子生长、成熟、激活及获能过程,对精子活力及稳定性具有重要作用,同时可以延长果蝇寿命,增强其生殖力,并且这种影响可遗传到果蝇子一代^[1]。

动物体内锌的积累会影响果蝇正常生长、发育、生殖及衰老,甚至会发生病变,而适量的锌具有多种生物功能,对动物有积极作用。因此,本研究以模式动物黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)为材料,采用生存实验及统计分析方法研究不同质量浓度锌对果蝇生存的作用,分析探讨锌对果蝇寿命和生育力及抗氧化能力的影响,以期环境中微量元素锌对果蝇生长发育影响的研究提供证据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

野生型黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*),由西北师范大学遗传学实验室提供,培养于温度为25℃、相对湿度为65%的恒温恒湿培养箱。

1.2 实验方法

基本培养基用250 mL蒸馏水,28 g玉米粉,22 g蔗糖,2.5 g琼脂,2 mL丙酸和2.5 g鲜酵母加热配制^[6]。在基本培养基中加入ZnCl₂,浓度分别为 0.25×10^{-3} 、 0.50×10^{-3} 、 1.0×10^{-3} 、 2.0×10^{-3} g/mL,设基本培养基为对照(CK)。

1.2.1 生育力测定

在无菌状态下,每瓶各接种10对羽化后4 h且未交配的雄果蝇和处女蝇放入上述培养基中,7 d后移去亲本,待出现子代(F₁)果蝇时,按性别分

别统计其数量,并计算性别比。同时,随机取出10对羽化后4 h且未交配的F₁代雌雄果蝇重新放入新培养基中作继代培养,繁殖F₂代,F₂代再继代培养至F₃代,F₃代再继代培养至F₄代,每处理设10个重复,分别统计^[6-7]。

1.2.2 寿命测定

收集羽化后4 h且未交配的F₁代雌雄果蝇隔离培养,每瓶各接入50只,两种培养基各接10瓶(5♀,5♂),每天观察,记录死亡个体数,直到最后一只果蝇死亡^[6-7]。对统计的结果进行整理,计算出平均寿命和最高寿命,平均寿命=每组所有果蝇寿命之和/果蝇总数;最高寿命=每组最后4只果蝇生存时间的总和/4;从生育力实验中取F₂-F₄代进行寿命实验,方法同前,以比较其与前者死亡率的差异。

1.2.3 果蝇抗氧化活性测定

将羽化后4 h且未交配的果蝇培养30 d后移入含有湿润滤纸的空白管中,用乙醚使其麻醉、称重后放入4℃预冷的研钵中,按49:1(μL/mg)的比例加入预冷的生理盐水,充分研磨后,经冷冻离心机3500 r/min离心15 min,取上清液进行抗氧化能力的测定。超氧化物歧化酶(SOD)活力、过氧化氢酶(CAT)活力、丙二醛(MDA)含量及测试液中蛋白质含量均采用对应试剂盒进行测定。所需试剂均严格按照试剂盒说明书配制,测定方法严格遵循试剂说明书的操作进行。

1.3 数据统计与分析

所有实验数据选用SPSS17.0软件进行统计分析,用单因素方差分析结合多重比较进行对照与各处理的显著性检验,小写字母表示显著性差异($P < 0.05$),大写字母表示极显著差异($P < 0.01$)

2 结果与分析

2.1 Zn²⁺对果蝇生育力的影响

Zn²⁺对果蝇世代生育力和性别比的影响见表1和表2。随着Zn²⁺浓度的升高,F₁-F₄代雌、雄果蝇数量均呈现先升后降的趋势,在Zn²⁺浓度为 0.25×10^{-3} g/mL时雌、雄果蝇F₁和F₂代数量与对照相比无显著差异($P > 0.05$),雌果蝇在F₃和F₄代数量高于对照,与对照相比无显著差异($P > 0.05$),雄果蝇在F₃和F₄代数量与对照相比存在极显著升高

($P < 0.01$)， Zn^{2+} 浓度为 0.5×10^{-3} g/mL时雌、雄果蝇数量高于对照，与对照相比存在显著差异($P < 0.05$)。当 Zn^{2+} 浓度为 1.0×10^{-3} g/mL时与其他处理组相比， F_1 - F_4 代雌、雄果蝇数量最多，与对照相比存在极显著差异($P < 0.01$)；当 Zn^{2+} 浓度为 2.0×10^{-3} g/mL时与其他处理组相比， F_1 - F_4 代雌、雄果蝇数量最少，

与对照相比存在极显著差异($P < 0.01$)； F_1 - F_4 代雌、雄果蝇数量的比值变化不大，总体接近于1:1。随着 Zn^{2+} 浓度的升高， F_1 - F_4 代雌、雄果蝇世代总量结果与各世代雌、雄果蝇数量相似，均呈现先升后降的趋势，雌、雄总数性别比总体也接近于1:1。

表 1 Zn^{2+} 对果蝇世代生育力和性别比的影响
Table 1 Effect of Zn^{2+} on generational fertility and sex ratio of fruit fly

Zn ²⁺ 浓度 (g/mL)	果蝇世代数量(只)和性别比											
	F ₁			F ₂			F ₃			F ₄		
	♀	♂	♀/♂	♀	♂	♀/♂	♀	♂	♀/♂	♀	♂	♀/♂
CK (0)	372cC	366dC	1.016	379cC	370cC	1.024	367cC	357dD	1.028	369cC	358dD	1.031
2.0×10^{-3}	320eD	315eE	1.016	313dD	306dD	1.023	300dD	293eE	1.024	285dD	285eE	1.000
1.0×10^{-3}	436aA	435aA	1.002	445aA	443aA	1.005	432aA	435aA	0.993	452aA	451aA	1.002
0.5×10^{-3}	388bB	390bB	0.995	394bB	395bB	0.997	381bB	387bB	0.984	396bB	397bB	0.997
0.25×10^{-3}	365dC	376cC	0.971	373cC	378cC	0.987	369cC	370cC	0.997	377cC	377cC	1.027

注：数据为 3 次重复的“平均数”，同列不同小写字母表示 $P < 0.05$ ，不同大写字母表示 $P < 0.01$ ，下同。

表 2 Zn^{2+} 对果蝇世代总量和性别比的影响
Table 2 Effect of Zn^{2+} on generational total amount and sex ratio of fruit fly

Zn ²⁺ 浓度 (g/mL)	果蝇 F ₁ -F ₄ 代总数量(只)和性别比										
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₁ -F ₄ (Σ)			F ₁ -F ₄ ($\bar{x}$)			F ₁ -F ₄ (♀+♂)
	♀+♂	♀+♂	♀+♂	♀+♂	♀	♂	♀/♂	♀	♂	♀/♂	(♀+♂)
CK (0)	738cC	749cC	724dD	727dD	1487cC	1451cC	1.025	372cC	363cC	1.025	2938dD
2.0×10^{-3}	635dD	619dD	593eE	570eE	1218dD	1199dD	1.016	305dD	300dD	1.016	2417eE
1.0×10^{-3}	871aA	888aA	867aA	903aA	1765aA	1764aA	1.001	441aA	441aA	1.001	3529aA
0.5×10^{-3}	778bB	789bB	768bB	793bB	1559bB	1569bB	0.994	390bB	392bB	0.994	3128bB
0.25×10^{-3}	741cC	751cC	739cC	744cC	1484cC	1501cC	0.989	371cC	375cC	0.989	2985cC

2.2 Zn^{2+} 对果蝇寿命的影响

表 3 Zn^{2+} 对果蝇世代寿命和最高寿命的影响
Table 3 Effect of Zn^{2+} on generation life and longest life of fruit fly

Zn ²⁺ 浓度(g/mL)	果蝇世代寿命(d)													
	F ₁		F ₂		F ₃		F ₄		F ₁ -F ₄ (♀+♂)		F ₁ -F ₄ ($\bar{x}$)		F ₁ -F ₄ (max)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
CK (0)	59.39	59.69	60.69	59.57	61.51	60.25	58.22	58.33	239.81bB	237.84cB	59.59bA	59.46bB	84.39aA	83.25aA
2.0×10^{-3}	54.51	55.27	51.52	50.47	50.48	49.53	49.25	48.39	205.76cC	203.66 dC	51.44cB	50.92cC	65.62cB	64.29cC
1.0×10^{-3}	65.22	66.29	62.25	68.65	69.44	64.27	62.21	63.21	259.12aA	262.42aA	64.78aA	65.61aA	89.52aA	87.36aA
0.5×10^{-3}	62.54	64.31	61.49	65.57	63.57	62.42	60.54	61.57	248.14bA	253.872bA	62.04aA	63.47aA	75.82bB	77.69bB
0.25×10^{-3}	60.24	60.14	61.67	60.49	60.54	61.14	59.44	59.59	241.86bB	241.36 cB	60.47aA	60.34bA	73.63bB	75.57bB

Zn^{2+} 对果蝇世代寿命和最高寿命的影响见表 3。随着 Zn^{2+} 浓度的升高， F_1 - F_4 代雌、雄果蝇的寿命均呈现先升高后降低的趋势，当 Zn^{2+} 浓度为 2.0×10^{-3} g/mL 时与其他处理组相比， F_1 - F_4 代雌、雄

果蝇的寿命，雌、雄果蝇的总寿命和雌、雄果蝇的最长寿命都最低， Zn^{2+} 浓度在 $0.25 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-3}$ g/mL 时 F_1 - F_4 代雌、雄果蝇的寿命逐渐升高，当 Zn^{2+} 浓度为 1.0×10^{-3} g/mL 时与其他处理组相比， F_1 - F_4 代

雌、雄果蝇寿命，雌、雄果蝇的总寿命和雌、雄果蝇的最长寿命都最高，与对照相比存在极显著差异（ $P < 0.01$ ）。

2.3 Zn²⁺对果蝇抗氧化酶的影响

表 4 Zn²⁺对雌果蝇抗氧化酶的影响

Table 4 Effect of Zn²⁺ on Antioxidant enzyme of female fruit fly

Zn ²⁺ 浓度 (g/mL)	雌果蝇体内 SOD 活性、CAT 活性、MDA 含量											
	F ₁			F ₂			F ₃			F ₄		
	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA
	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)
CK (0)	31.56dC	8.62dB	1.15bB	32.58dC	8.79dB	1.12bB	31.15dC	8.56dB	1.14bB	32.01dC	8.24dC	1.11bB
2.0×10 ⁻³	25.26eD	6.35eC	2.34aA	27.63eD	6.59eC	2.31aA	26.31eD	6.57eC	2.54aA	25.45eD	7.68eC	2.68aA
1.0×10 ⁻³	46.35aA	12.34aA	0.89dC	48.68aA	13.24aA	0.91dC	48.36aA	13.42aA	0.85dC	48.38aA	13.24aA	0.89dC
0.5×10 ⁻³	42.24bA	10.25bB	1.06cB	43.25bA	10.35bB	1.01cB	43.25bA	10.36bB	1.03dB	45.16bA	10.24bB	0.96dC
0.25×10 ⁻³	36.56cB	9.15cB	1.12cB	38.65cB	9.65cB	1.03cB	37.28cB	9.21cB	1.09cB	38.21cB	9.56cB	1.01cB

表 5 Zn²⁺对雄果蝇抗氧化酶的影响

Table 5 Effect of Zn²⁺ on Antioxidant enzyme of male fruit fly

Zn ²⁺ 浓度 (g/mL)	雄果蝇体内 SOD 活性、CAT 活性、MDA 含量											
	F ₁			F ₂			F ₃			F ₄		
	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA	SOD	CAT	MDA
	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)	(U/mg.pro)	(U/mg.pro)	(nmol/mg.pro)
CK (0)	32.70dC	7.49dC	1.40bB	33.75dC	7.86dC	1.37bB	32.29dC	7.42dB	1.29bB	33.19dC	7.11dC	1.36bB
2.0×10 ⁻³	26.33eD	5.21eC	2.56aA	28.87eD	6.74eC	2.56aA	27.45eD	5.52eC	2.79aA	26.59eD	6.54eC	2.95aA
1.0×10 ⁻³	47.49aA	11.19aA	1.06dC	49.83aA	12.39aA	1.16dC	49.48aA	12.34aA	1.05dC	49.45aA	12.10aA	1.09dC
0.5×10 ⁻³	43.39bA	9.21bB	1.29cB	44.46bB	10.49bB	1.27cC	44.37bA	9.27bB	1.31dB	46.35bA	9.20bB	1.16dC
0.25×10 ⁻³	37.89cB	8.03cB	1.38cB	39.69cB	9.77cB	1.33cB	38.45cB	8.16cB	1.36cB	39.37cB	8.24cB	1.35cB

不同Zn²⁺浓度对雌、雄果蝇体内SOD、CAT活性和MDA含量的影响见表4和表5。随着Zn²⁺浓度的升高，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内SOD和CAT活性均呈现先升高后降低的趋势。当Zn²⁺浓度为2.0×10⁻³ g/mL时，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内SOD和CAT活性都最低，与对照相比存在极显著差异（ $P < 0.01$ ）；当Zn²⁺浓度在逐渐由0.25×10⁻³ g/mL升高到1.0×10⁻³ g/mL时，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内的SOD和CAT活性也逐渐升高；当Zn²⁺浓度为1.0×10⁻³ g/mL时，与其他处理组相比，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内的SOD和CAT活性都最高，与对照相比存在极显著差异（ $P < 0.01$ ）。随着Zn²⁺浓度的升高，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内MDA含量均呈现先降低后升高的趋势，与果蝇体内SOD和CAT活性呈相反趋势。当Zn²⁺浓度为2.0×10⁻³ g/mL时，与其他处理组相比，F₁-F₄代雌、雄果蝇体内MDA含量最高，与对照相比存在极显著的差异（ $P < 0.01$ ）；当Zn²⁺浓度为1.0×10⁻³ g/mL时，F₁-F₄代雌、雄果蝇与其他处理组相比，体内的MDA含量都是最低的，与对照相比存在极显著的差异（ $P < 0.01$ ）。在不同

Zn²⁺浓度处理下雌性果蝇体内SOD、CAT活性和MDA含量均低于雄性果蝇体内的含量。

3 分析与讨论

本研究以果蝇为实验动物，探讨了不同浓度的Zn²⁺对果蝇生育力和寿命的影响，并以抗氧化酶SOD的活性和CAT的活性以及脂质过氧化酶产物MDA含量为指标评价了果蝇的抗氧化活性。果蝇因为具有生存期短、繁殖快、反应灵敏、培养和管理方便，且代谢途径、生理功能和发育阶段同哺乳动物基本类似等特性，常被用作动物模型来研究抗衰老活性及动物抗衰老机制^[7]。有研究表明，锌离子对人脐静脉内皮细胞生物学功能的影响，低浓度锌离子对入脐静脉内皮细胞的增殖、活性和迁移功能有促进作用，而较高浓度锌离子对细胞功能有抑制作用，而且高浓度锌可使亲代果蝇缩短寿命、丧失生殖能力，适当浓度的锌可以延长果蝇寿命，增强其生殖力，并且这种影响可遗传到子一代，这和本研究结果一致^[8-10]。本研究表明，添加Zn²⁺浓度为

0.5×10^{-3} 、 1.0×10^{-3} g/mL可以使F₁-F₄代雌、雄果蝇世代生育力增强,寿命延长,当Zn²⁺浓度达1.0 g/mL时效果最为明显,而在较高Zn²⁺浓度(2.0×10^{-3} g/mL)时果蝇体内MDA含量大量积累,SOD和CAT活性急剧降低,使果蝇提前衰老、死亡并且降低或丧失其生殖能力。不同Zn²⁺浓度处理下F₁-F₄代雌、雄果蝇数量的比值变化不大,总体接近于1:1,雌、雄总性别比总体也接近于1:1,这也说明,Zn²⁺对果蝇性别分化影响不大。

果蝇的衰老与体内自由基的水平、抗氧化能力及甲基化水平密切相关,过多的自由基与细胞膜中不饱和脂肪酸发生反应,可破坏DNA及蛋白质等生物大分子的结构,进而导致疾病的产生甚至死亡^[1,8]。果蝇体内SOD、CAT活力以及MDA含量与果蝇的衰老之间存在特定的关系,MDA是在高浓度Zn²⁺处理下,果蝇体内细胞膜多不饱和脂肪酸受自由基作用产生的过氧化脂质的分解产物,当与蛋白质、肽类等大分子聚合后会引起机体的衰老^[1],从而影响果蝇的寿命。SOD具有一定的抗氧化活性,能够清除生物体内自由基并通过减少脂质过氧化过程而延缓衰老,当Zn²⁺浓度为1.0 g/mL时,果蝇SOD的抗氧化活性达到了最强,刺激果蝇清除体内产生的自由基,降低MDA含量,增强果蝇的抗性,延长寿命。当果蝇体内的抗氧化酶活性在Zn²⁺的刺激下,增强了果蝇的对外界的环境变化的抗性,提高对逆境的适应能力,同时促进和提高生育能力,增强后代对环境的适应能力。

有学者研究了锌对大鼠的影响,缺锌大鼠体重增长显著缓慢,血锌含量显著低,平台驻留时间和穿梭平台象限次数明显减少,表明缺锌可引起大鼠学习记忆功能损害,这和果蝇体内SOD、CAT活力的下降以及MDA含量升高有直接关系^[11-12],这也说明适当的血锌含量可以增强实验动物对外界的环境变化的抗性,提高其学习记忆能力,增加果蝇的体重。较低浓度的Zn²⁺对果蝇的影响主要表现在生育力升高的和寿命的延长,但是果蝇体内的SOD、CAT活力的下降以及MDA含量的升高是很重要的因素,果蝇寿命的延长,才会出现其生育力的

提升。而且Zn²⁺对果蝇的生育力和寿命的影响因素是多方面的,这是个复杂的研究课题,而适宜浓度的Zn²⁺是如何在分子水平参与促进果蝇的生殖能力,还需进一步研究与探索。

参考文献:

- [1] 毛雪,郭欣欣,张敏. 锌对果蝇寿命及生殖力的影响及其可遗传性[J].安全与环境学报,2012,12(2):19-23.
- [2] Landis G N,Tower J. Superoxide di smutase evolution and life span regulation[J].Mechanisms of Ageing and Development,2005,126(3):365-379.
- [3] Bourg L E. Oxidative stress aging and longevity in Drosophila melanogaster[J]. Federation of Biochemical Societies Letters,2001,498 (3):183-186.
- [4] Destreicher P, Cousins R J. Zinc uptake by basolateral membrane vesicles from rat small intestine[J].Journal of Nutrition ,1989,119(4):639-646.
- [5] Liuzzi J P,Blanchard R K,Cousins R J. Differential regulation of zinc transporter1,2 and 4 mRNA expression by dietary zinc in rats[J].Journal of Nutrition,2001,131(1):46-52.
- [6] 叶文斌,王昱,何九军,等. Hg²⁺对果蝇寿命和生育力及酯酶同工酶的影响[J].甘肃高师学报,2012,17(5):24-28.
- [7] 廖信军,郭丽萍. 果蝇倒位体位培养的遗传学效应[J].井冈山大学学报:自然科学版,2014,35(6):45-48.
- [8] 包庞,刘焕云,王玉清,等. 锌离子对人脐静脉内皮细胞生物学功能的影响[J].中华心血管病杂志,2018,45(5):390-395.
- [9] Krones C J, Klosterhalfen B, Butz n,et al. Effect of zinc pretreatment on pulmonary endothelial cells in vitro and pulmonary function in a porcine model of endotoxemia.[J]. Journal of Surgical research,2005, 2(2):251-256.
- [10] Harman D. The aging process[J].Proceedings of the National Academy of Sciences USA,1981, 78(11):7124-7128.
- [11] 张双庆,张海波,朱娅敏,等. 缺锌对大鼠学习记忆功能的影响[J].吉林医药学院学报,2017,38 (7):616-620.
- [12] 李景璐,蒋佳诺,徐玉良,等. 锌对学习记忆功能影响的机制[J].吉林医药学院学报,2016,37:(5):384-386.